



⑳ Aktenzeichen: P 32 02 319.7

㉔ Anmeldetag: 26. 1. 82

㉔ Offenlegungstag: 28. 7. 83

DE 32 02 319 A 1

㉔ Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉔ Erfinder:

Klausecker, Karl, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE

Behördeneigentum

㉔ Schutzschaltung für einen Leistungstransistor

Um einen Transistor, insbesondere einen Leistungs-FET (LT) vor Überströmen und Überspannungen zu schützen, ist ein Thyristor (Th) oder Transistor als Schutzschalter zwischen Gate und Source geschaltet, dessen Steueranschluß (St) über eine Kapazität (C) an den Transistor-Drainanschluß angeschlossen ist. Der Kondensator liefert bei Überspannungen einen Steuerstrom für den Schutzschalter, durch den die Steuerstrecke des Transistors kurzgeschlossen und der Transistor selbsttätig gesperrt wird. Der Kondensator stellt eine hochohmige Trennung zwischen Drain und Gate dar und der Steuerkreis des Transistors wird nicht durch eine Steuerleistung für den Schutzschalter belastet. Die Schaltung läßt sich auch für bipolare Leistungstransistoren verwenden.

(32 02 319)

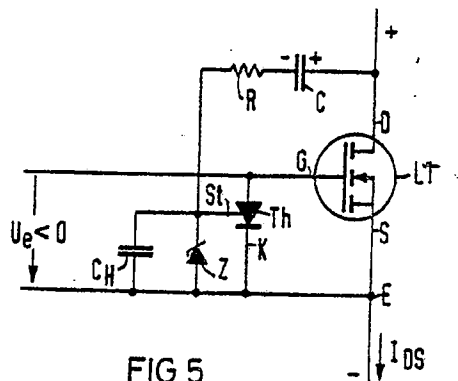


FIG 5

DE 32 02 319 A 1

Patentansprüche

1. Schutzschaltung für einen bipolaren Leistungstran-  
sistor oder insbesondere einen Leistungsfeldeffekttran-  
sistor (LT), mit einem parallel zur Steuerstrecke (G-S)  
des Transistors angeordneten Schutzschalter (Th) und  
einer parallel zur Schaltstrecke des Transistors ange-  
ordneten Überwachungsschaltung (R, C, Z, C<sub>II</sub>), wobei die  
Steuerstrecken (G-S, St-K) des Transistors und des Halb-  
leiter-Schutzschalters an einen gemeinsamen Hauptanschluß  
(E) angeschlossen sind und gleiche Stromführungsrichtung  
besitzen und wobei ferner der Schutzschalter mittels  
eines Schaltsignals einschaltbar ist, das von der Über-  
wachungseinrichtung aus dem an der Transistor-Schalt-  
strecke auftretenden Spannungsabfalls (U<sub>a</sub>) abgeleitet  
ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß zwischen dem nicht an den Schutzschalter angeschlos-  
senen Transistoranschluß (D) und dem Steueranschluß (St)  
des Schutzschalters ein Kondensator (C) angeordnet ist.  
(Fig. 5)
2. Schutzschaltung nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß ein Widerstand (R)  
in Reihe mit dem Kondensator (C) angeordnet ist.
3. Schutzschaltung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß der Halbleiter-Schutz-  
schalter ein Thyristor ist.
4. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß anti-  
parallel zur Steuerstrecke des Schutzschalters eine Zener-  
diode (Z) vorgesehen ist.
5. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

25.01.82

3202319

- 10/-2.

VPA 82 P3007 DE

parallel zur Steuerstrecke (St-k) ein weiterer Kondensator ( $C_H$ ) angeordnet ist.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen:  
VPA 82 P 3 0 0 7 DE

5 Schutzschaltung für einen Leistungstransistor

Die Erfindung betrifft eine Schutzschaltung für einen bipolaren Leistungstransistor oder insbesondere einen Leistungsfeldeffekttransistor, wie er im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegeben ist.

Die Entwicklung von Leistungstransistoren, z.B. Feldefekttransistoren (FET), wie sie unter dem eingetragenen Warenzeichen SIPMOS handelsüblich sind, ermöglichen es, Schaltungen für höhere Leistungen, z.B. Gleichstromsteller, Wechselrichter, Chopper oder andere Schaltnetzteile, in Transistortechnik auszuführen. Fehler innerhalb dieser Geräte, z.B. Fehlimpulse, wie auch Störungen (z.B. Klemmenkurzschluß) in nachgeordneten Anlagenteilen, etwa einer nachgeschalteten drehzahlgesteuerten Drehfeldmaschine, können dazu führen, daß die Leistungstransistoren mit Spannungen und Strömen belastet werden, die außerhalb der zugelassenen Grenzwerte liegen und zu einer Zerstörung der Transistoren führen können.

In den Figuren 1 und 2 ist jeweils der Verlauf des Drainstromes  $I_D$  bei steigender Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  und verschiedenen Parameterwerten für die Gate-Source-Spannung  $U_{GS}$  bzw. den Kollektorstrom  $I_C$  bei steigender Kollektor-Emitterspannung  $U_{CE}$  und verschiedenen Parameterwerten für den Basisstrom  $I_B$  dargestellt. Man entnimmt daraus, daß außerhalb des normalen Steuerbereiches mit linearem Kennlinienverlauf ein Anwachsen des Stromes mit einem sehr starken Anstieg der jeweiligen Spannung  $U_{DS}$  bzw.  $U_{CE}$  verbunden ist. Es ist daher möglich, zum Schutz des Transistors den entsprechenden Spannungsabfall  $U_a = U_{DS}$  bzw.  $U_{CE}$  zu erfassen und dazu auszunutzen, um

den Transistor zu sperren, wenn im eingeschalteten Zustand ein Überstrom bzw. eine Überspannung an der Schaltstrecke des Transistors droht.

- 5 Unter "Schaltstrecke" eines Transistors ist dabei bei einem bipolaren Transistor die Kollektor-Emitter-Strecke und bei einem FET die Drain-Source-Strecke verstanden. Mit "Steuerstrecke" ist die Basis-Emitter-Strecke bzw. die Gate-Source-Strecke eines Feldeffekttransistors bezeichnet, der bei einem Thyristor die Gitter-Kathoden-Strecke entspricht. Emitter, Source bzw. Kathode stellt jeweils den Hauptanschluß der Steuerstrecke des entsprechenden Halbleiterelementes dar. Unter der "Stromführungsrichtung der Steuerstrecke" ist bei einem npn-Transistor 15 die Richtung von Basis zum Emitter, bei einem N-Kanal-FET die Richtung Gate-Source verstanden. Diese Transistoren werden durch ein Steuersignal positiver Polarität ein- und ein Steuersignal negativer Polarität ausgeschaltet. Bei Verwendung von pnp-Transistoren bzw. P-Kanal-FET kehren sich die jeweiligen Stromführungsrichtungen bzw. 20 Steuersignalaritäten um. Entsprechend führt die Steuerstrecke und deren Stromführungsrichtung bei einem Thyristor vom Gitter zur Kathode.
- 25 In Fig. 3 ist eine Schutzschaltung für einen npn-Transistor T1 dargestellt, die eine parallel zur Schaltstrecke (Kollektor-Emitter-Strecke C1-E1) des Transistors T1 liegende Überwachungseinrichtung und einen weiteren npn-Transistor T2 enthält, der als Halbleiter-Schutzschalter 30 parallel zur Steuerstrecke (Basis-Emitter-Strecke B1-E1) des Transistors T1 angeordnet ist. Die Steuerstrecken der beiden Transistoren sind an einem gemeinsamen Hauptanschluß angeschlossen; da beides npn-Transistoren sind, bedeutet das, daß die beiden Emitter zusammengeführt 35 sind und die beiden Steuerstrecken gleiche Stromführungsrichtung besitzen. Zum Einschalten des Schutzschalters

wird ein Schaltsignal positiver Polarität benötigt, wobei der Spannungsabfall  $U_a$  am Transistor T1 die gleiche Polarität aufweist, so daß das entsprechende Schaltsignal von der Überwachungsschaltung aus diesem Spannungsabfall  
5 abgeleitet werden kann.

Bei dieser Überwachungsschaltung wird ausgenutzt, daß im eingeschalteten Zustand, d.h. wenn an B1 eine positive Steuerspannung  $U_e$  anliegt, der Spannungsabfall  $U_a$  wesentlich unterhalb dieser Steuerspannung liegt. Folglich  
10 herrscht am Punkt A eine Spannung, die um die Schwellspannung der Diode D über dem Spannungsabfall  $U_a$  liegt. Mittels des Spannungsteilers  $R_R$  kann von dieser Spannung eine Spannung abgegriffen werden, die so klein ist, daß  
15 der zweite Transistor T2 praktisch gesperrt bleibt.

Steigt jedoch infolge eines Überstromes der Spannungsabfall  $U_a$  stärker an, so steigt auch die Basisspannung des Transistors T2, der dadurch leitend wird und den Steuerstrom von der Basis B1 des Transistors T1 abzieht. Dadurch wird der Transistor T1 trotz eines extern angelegten positiven Ansteuersignals  $U_e$  gesperrt. Die Überwachungsschaltung bildet letztlich das Steuersignal aus einer Überwachung der Spannung  $U_a$  nach dem Spannungsteilerprinzip, wobei der Steuerstrom für den Schutzschalter  
20 aus dem Steuerkreis des zu schützenden Thyristors T1 entnommen wird. Dabei ist dieser Steuerkreis stets belastet, da über den Widerstand  $R_B$ , die Diode D und die Schaltstrecke des Transistors T1 stets Strom fließt.  
25

30

Diese Leistungsbelastung des Steuerkreises ist häufig störend. Z.B. sind insbesondere Feldeffekttransistoren überall eingesetzt, wo eine praktisch leistungsfreie Ansteuerung angestrebt wird; dies ist jedoch mit der Schutzschaltung nach Fig. 3 nicht möglich.  
35

- 6.

VPA 82 P 3 0 0 7 DE

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schutzschaltung anzugeben, die einen Schutz von Transistoren gegen Überströme oder Überspannungen ermöglicht, ohne den Steuerkreis der Transistoren zusätzlich zu belasten.

5

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß zwischen Kollektor bzw. Source des zu schützenden Transistors und dem Steueranschluß des Halbleiter-Schutzschalters ein Kondensator angeordnet ist.

10

Die Funktion des Schutzschalters ist dabei die gleiche wie bei der Schutzschaltung nach Fig. 3, die gegenseitige Lage von Transistor und Schutzschalter ist daher unverändert. Jedoch arbeitet die Überwachungseinrichtung

15 nach einem anderen Prinzip. Kondensator und Steuerstrecke des Schutzschalters liegen als Reihenschaltung parallel zum Leistungstransistor und der Kondensator lädt sich aus der vom Leistungstransistor zu steuernden Spannung auf. Nähert sich nun im eingeschalteten Zustand des  
20 Leistungstransistors dessen Strom dem kritischen Maximalwert, so wächst zunächst dessen Spannungsabfall  $U_a$  sehr rasch an, wobei der Kondensator über die Steuerstrecke des Halbleiterschalters nachgeladen wird. Es entsteht also ein Stromstoß am Steueranschluß des Schutzschalters,  
25 der dadurch zündet. Durch entsprechende Dimensionierung des Kondensators kann stets ein ausreichender Zündstrom für eine zuverlässige Zündung erreicht werden. Vorteilhaft liegt in Reihe zum Kondensator ein Widerstand, wodurch ein RC-Glied entsteht, das letztlich differenzierend auf die Spannung  $U_a$  wirkt und auf den Steueran-  
30 schluß des Schutzschalters einen Zündstromstoß abgibt, dessen Amplitude und Länge durch die Dimensionierung des RC-Gliedes an den jeweils verwendeten Halbleiterschalters angepaßt werden kann.

- 4.

VPA 82 P 3 0 0 7 DE

Zur Stabilisierung der Steuerspannung für den Halbleiterschalterschalter kann es vorteilhaft sein, antiparallel zu dessen Steuerstrecke eine Zenerdiode anzuordnen. Ferner kann ebenfalls parallel ein Schutzkondensator angeordnet  
5 sein, der zusammen mit dem Kondensator einen kapazitiven Spannungsteiler für  $U_a$  bildet. Ein derartiger Schutzkondensator  $C_H$  ist auch bei der Schaltung nach Fig. 3 vorgesehen und hat nichts zu tun mit der Funktion des Kondensators, der gemäß der Erfindung zwischen Drain bzw. Kollektor des Leistungstransistors und dem Steueranschluß  
10 des Halbleiterschalterschalters vorgesehen ist.

Anhand von zwei Ausführungsbeispielen und der Figuren 4 und 5 ist die Erfindung näher erläutert.

15

Für die Funktion der Schutzschalter ist es wesentlich, daß bei eingeschaltetem Transistor T1 (die extern angelegte Steuerspannung  $U_e$  besitzt die entsprechende Polarität) und Auftreten eines Überstromes der Steueranschluß des  
20 Transistors mit demjenigen Transistor-Hauptanschluß leitend verbunden wird, der die zum sperrenden Zustand des Transistors führende Polarität aufweist. Ferner muß der Halbleiter-Schutzschalter entsprechend der Polarität der Spannung zwischen diesem Transistor-Hauptanschluß und der  
25 bei eingeschaltetem Transistor extern angelegten Steuerspannung  $U_e$  gepolt sein, um bei Überstrom die Steuerspannung an der Transistorsteuerstrecke kurzzuschließen.

Dadurch ist die Lage und Stromführungsrichtung der Halbleiterschalterschaltung bei jeweils gegebenem Transistortyp festgelegt. Ferner ist zu berücksichtigen, daß als Überwachungsschaltung im wesentlichen ein Kondensator verwendet wird, der sich im leitenden Transistorzustand auf die Spannung  $U_a$  an der Transistorschaltstrecke auf  
30 lädt und den Schalter-Zündstrom dadurch liefert, daß er sich bei einem überstrombedingten Anwachsen von  $U_a$  über  
35



- 6-8

VPA 82 P 3 0 0 7 DE

den Steueranschluß des Schutzschalters nachlädt. Daraus folgt, daß der Halbleiterschalter durch ein Schaltsignal einschaltbar sein muß, dessen Polarität ebenfalls gleich der Polarität dieses Hauptanschlusses ist. Dadurch ist  
5 auch der Typ des Halbleiter-Schutzschalters festgelegt.

Diese Forderungen werden erfüllt durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale. Obwohl in der Regel ein npn-Transistor verwendet wird, ist zur Verdeutlichung in Fig. 4  
10 eine Schutzschaltung für einen pnp-Leistungstransistor gezeigt; aus dem Vergleich mit Fig. 3 erkennt der Fachmann, wie eine Schutzschaltung für einen npn-Transistor aufzubauen ist.

15 In Fig. 4 ist der eine Hauptanschluß (Emitter  $E_1$ ) des Transistors T1 am positiven, der andere Hauptanschluß (Kollektor C1) am negativen Pol einer Spannung  $U_a$  angeschlossen. Die Steuerstrecke des Transistors T1 führt in Stromführungsrichtung vom Emitter E1 zum Steueran-  
20 schluß (Basis) B1, so daß der Schutzschalter T2 zwischen E1 und B1 anzuordnen ist. Die Überwachungseinrichtung enthält den Kondensator C, der zwischen dem Transistor-Steueranschluß B2 und dem nicht an den Schutzschalter angeschlossenen Transistor-Hauptanschluß (Kollektor C1)  
25 liegt und seinen Ladestrom aus der Spannung  $U_a$  bezieht, auf die er in der Polarität sich auflädt, die in Fig. 4 gezeigt ist. Ein plötzlicher Spannungsanstieg infolge eines drohenden Überstromes bewirkt einen zusätzlichen (positiven) Ladestromstoß auf den Kondensator, der als  
30 (negativer) Zündstrom für den Steueranschluß (Basis B2) des Schutzschalters T2 wirkt. Der Schutzschalter T2 muß also von einem Schaltsignal der Polarität des Kollektors C1 einschaltbar sein.

35 Da ferner der Transistor T1 durch einen negativen Basisstrom leitend gesteuert ist, der zum Ausschalten von T1

- 7 - 9.

VPA 82 P 3 0 0 7 DE

durch Einschalten des Schutzschalters T2 kurzgeschlossen werden soll, muß die Stromführung des Schutzschalters gleich der Stromführungsrichtung von T1 sein. Würde als Schutzschalter ein Thyristor verwendet, so wäre dessen Kathode also mit der Basis B1 zu verbinden und der Thyristor müßte durch einen negativen Zündstrom einschaltbar sein. Da derartige Thyristoren praktisch nicht existieren, wird dies durch die Bedingung ausgeschlossen, daß die Steuerstrecken an einem gemeinsamen Hauptanschluß angeschlossen sind. In Fig. 4 ist daher ein pnp-Transistor T2 als Halbleiter-Schutzschalter vorgesehen, dessen Steuerstrecken-Hauptanschluß (Emitter E2) am Emitter E1 des Transistors T1 liegt.

In Reihe mit dem Kondensator C ist ein Widerstand R angeordnet. Antiparallel zur Basis-Emitterstrecke B2-E2 liegt eine Zenerdiode Z mit parallelem Stabilisierungskondensator  $C_H$ . Die beiden Kondensatoren stellen somit einen kapazitiven Spannungsteiler für  $U_a$  dar, wobei ein plötzlicher Spannungsanstieg von  $U_a$  durch die RC-Schaltung differenziert wird und zu einem Stromstoß führt, der den Schutzschalter T2 einschaltet.

Ersetzt man Emitter, Basis und Kollektor eines pnp-Transistors durch Drain, Gate und Source eines P-Kanal-FET, so gelangt man ebenfalls zu einer erfindungsgemäßen Schutzschaltung.

Soll auf die Verwendung eines npn-Transistors oder eines N-Kanal-FET übergegangen werden, was im allgemeinen bevorzugt wird, so sind im wesentlichen nur die Verknüpfungspunkte zwischen dem Leistungstransistor und Schutzschalter/Überwachungseinrichtung zu vertauschen, wie dies in Fig. 5 für den Fall eines N-Kanal-FET dargestellt ist. Handelsübliche Leistungs-FET besitzen einen derartigen N-Kanal in der Gate-Source-strecke (Steuerstrecke) und weisen

- 8/- 10. VPA 82 P 3 0 0 7 DE

eine Diodenkennlinie in der der Stromführungsrichtung entgegengesetzten Richtung (Source-Drain-Richtung) auf, wie durch den entsprechenden Pfeil im Schaltsymbol des Leistungs-FET LT angedeutet ist. Gegenüber Fig. 4 ist der positive Transistoranschluß D (Drain) nunmehr an die RC-Schaltung und der negative Transistoranschluß S (Source) an den entsprechenden Hauptanschluß des Halbleiterschalters angeschlossen. Als Halbleiterschalter kann im Prinzip ein zwischen Gate und Source liegender npn-Transistor verwendet werden, dessen Emitter (Hauptanschluß der Schutzschalter-Steuerstrecke) über den Punkt E an den Source-Anschluß des Transistors angeschlossen ist, oder es kann ein entsprechender N-Kanal-FET verwendet werden. Da bei dieser Schaltung jedoch der vom Kondensator bewirkte Stromstoß auf den Steueranschluß St (Gitter) des Thyristors Th positiv ist, kann als Halbleiterschalter auch ein mit seiner Kathode K am Transistor-Source-Anschluß S liegender Thyristor Th verwendet werden, wie in Fig. 5 dargestellt ist.

Bei der Erfindung wird die Steuerleistung für den Schutzschalter der Spannung am zu schützenden Transistor entnommen, so daß der Ansteuerkreis dieses Transistors nicht belastet wird. Im gesperrten Zustand des Transistors stellt der Kondensator C eine Entkoppelung zwischen Drain und Gate bzw. Kollektor und Basis dar und ersetzt dadurch auch die bei der Schaltung nach Fig. 3 benötigte hochsperrende Diode D, die auf die volle Sperrspannung des Transistors ausgelegt werden muß und entsprechend kostspielig ist.

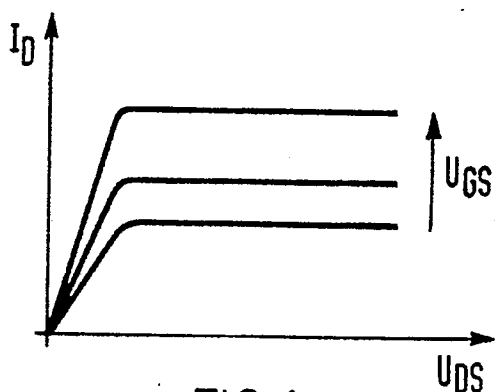


FIG 1

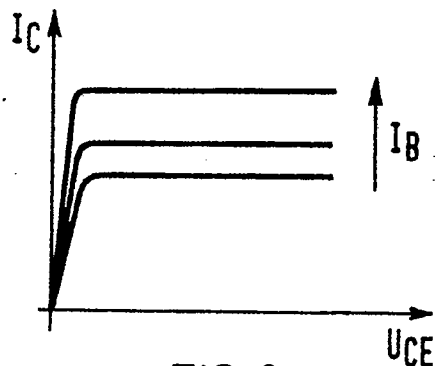


FIG 2

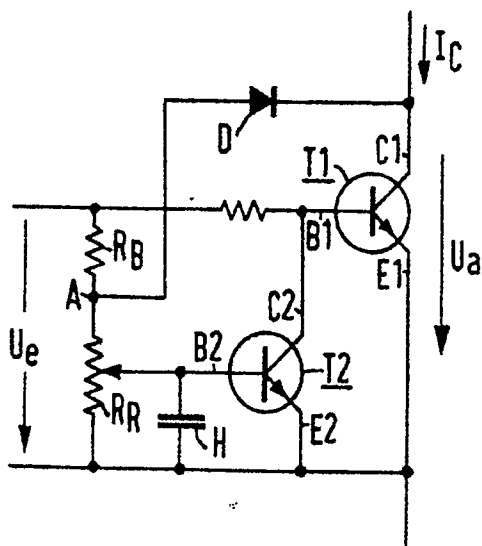


FIG 3

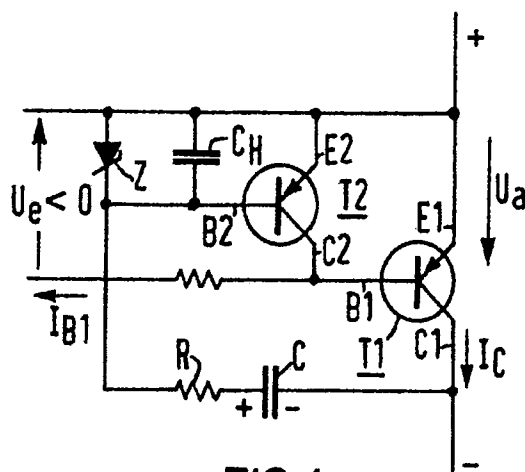


FIG 4

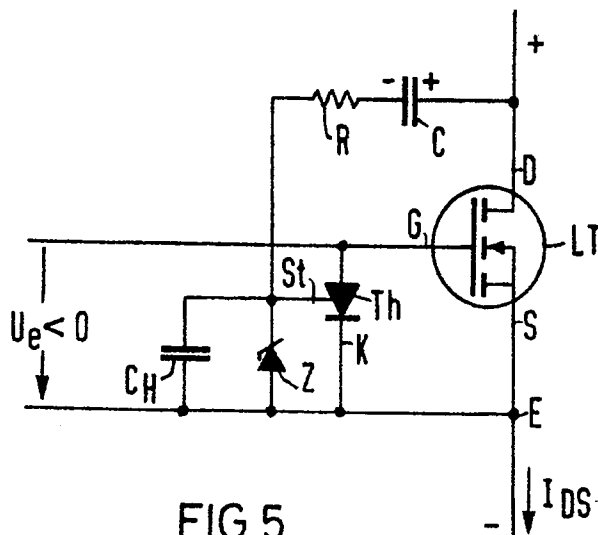


FIG 5